

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektroenergetiky

**Úspory elektrické energie při provozování důlních
centrálních pásových linek**

Energy savings by means the operation of the central
belt lines in coal mines

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Álló**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: Úspory elektrické energie při provozování důlních centrálních pásových linek.
Energy savings by means the operation of the central belt lines in coal mines.

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor důlních rozvodů
2. Specifika rozvodu odtěžení, automatiky provozu
3. Energetická bilance el. zařízení pásových linek
4. Návrh úprav v odtěžení - silové rozvody i ovládání
5. Vyhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Hradílek, Z.: Elektroenergetika I a II. Skripta VŠB TU 1992 a 1993
2. Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB TU 1990
3. Pauza, J.: Zkratky v elektrických rozvodech, SNTL 1970
4. Krychtálek Z., Pauza J.: Elektrické stanice SNTL 1989
5. Dohnálek P.: Ochrany pro průmysl a energetiku, SNTL Praha 1991
6. Normy ČSN, firemní literatura, technická dokumentace.

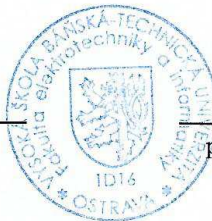
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Jiří Gurecký**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty



PROHLÁŠENÍ

Firma OKD a.s., Důlní závod 1, lokalita Darkov prohlašuje, že souhlasí, aby student Vysoké školy báňské – technické univerzity Ostrava, Fakulty elektrotechniky a informatiky, oboru Energetika

Bc. Michal Álló

Vykonával v naší firmě závěrečnou diplomovou práci v akademickém roce 2016/2017.

Název závěrečné diplomové práce

Úspory elektrické energie při provozování důlních centrálních pásových linek

Firma souhlasí s tématem závěrečné diplomové práce, poskytne potřebné podklady, odbornou pomoc a zařízení k jejímu naplnění.

Datum : 24.4. 2017

Podpis : Ing. Lešek Palowski

Vedoucí elektrifikace Důlní závod 1, lokalita Darkov

*Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.*

Dne: 28-4.2017

Podpis: Bc. Michal MČI

Poděkování:

Rád bych poděkoval doc. Dr. Ing. Jiřímu Gureckému za odborné vedení, cenné připomínky a ochotu při zpracování této diplomové práce. Děkuji také všem spolupracovníkům z firmy OKD a.s, Důlního závodu 1, lokality Darkov. Velice mě byli nápomocni k dokončení této práce specialisti z úseku elektro- rubání, dále hlavní elektro projektant dolu Darkov, vedoucí provozu elektrifikace, vedoucí úseku elektro 2 a vedoucí provozu rubání. Dále bych velice rád poděkoval své manželce a celé rodině za podporu, pomoc a trpělivost s kterou mě doprovázeli po celou dobu studia.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá provozem centrálních pásových a úsekových linek sloužící k odtěžení převážně dobývané horniny v černouhelných dolech společnosti OKD a.s. a návrhu optimalizace řízení pro dosažení úspornějšího provozu. V této práci je rozebrána problematika důlního prostředí, napájení důlních provozoven a specifika elektrických zařízení v prostředí s výskytem výbušné směsi. V jednotlivých částech této práce jsou dále uvedeny možnosti řízení a ovládání pásových dopravníků jako i samotné typy těchto dopravníků. Cílem této práce je hledání úspor a to zejména elektrické energie při provozu dopravníkových pásů.

Klíčová slova:

Důlní provozy, IT síť, řízení dopravy, pásové dopravníky, úspory

Abstrakt:

This diploma thesis follows up central belts and section lines, which are used to extract mostly mined rock in coal mines of OKD a.s. company and as a suggestion for optimalization of management to achieve effective operation. In this thesis in being analyzed problematics of mine environment, power supply of mine workshop and specifics of electrical equipment in environment with occurrence of an explosive mixture. In separate parts of this thesis are introduced management options and controls of belt conveyors aswell as different types of these conveyors. Aim of this thesis is looking for savings of electrical energy in operation of conveyor belts.

Keywords:

Mining operations, IT network, Traffic management, Belt conveyors

Seznam použitých symbolů a zkratk:

Symbol	Veličina	Popis
AC	[A]	střídavý proud
C_e	[Kč]	cena za 1 kWh spotřebované energie
CH ₄		metan
ČBÚ		Český báňský úřad
I	[A]	elektrický proud
OKD a.s.		důlní společnost
OKR		Ostravsko Karvinský revír
P	[W]	elektrický výkon
P_i	[W]	instalovaný výkon
P_p	[W]	výpočtové zatížení
PVC		polyvinylchlorid
R_z	[Ω]	odpor uzemňovací soustavy
SGS		řídící a zobrazovací systém
SNM		prostor s nebezpečím výbuchu metanu
SNP		prostor s nebezpečím výbuchu uh. prachu
U	[V]	elektrické napětí
U_s	[V]	sdružené napětí
W	[kWh]	elektrická energie
W_{ce}	[Kč]	energie v korunách

$\cos \varphi$	[-]	účinník
l	[m]	délková míra
p	[Pa]	tlak
t	[s]	čas
U_n	[V]	vysoké napětí
β		součinitel náročnosti

1. ÚVOD	10
2. TEORETICKÝ ROZBOR DŮLNÍCH ROZVODŮ	11
2.1. SPECIFIKA DŮLNÍCH ROZVODŮ	11
2.1.1. Elektrická zařízení v dolech.....	11
2.1.2. Rozvodná uzemněná síť v důlních podmínkách.....	13
2.2. ROZVOD ELEKTRICKÉ ENERGIE V DOLE.....	14
2.3. NAPÁJENÍ DŮLNÍCH PROVOZŮ	15
3. SPECIFIKA ROZVODU ODTĚŽENÍ.....	16
3.1. DOPRAVA DOBÝVANÉHO MATERIÁLU	16
3.2. DĚLENÍ DOPRAVY	16
3.2.1. Vodorovná doprava.....	16
3.2.2. Svislá doprava.....	16
3.3. PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY	16
3.4. PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY PRO DOPRAVU RUBANINY	18
3.5. POUŽITÉ DOPRAVNÍKOVÉ PÁSY V DOLE DARKOV	22
3.5.1. Typy používaných dopravníků.....	22
3.5.2. Umístění dopravníků	23
4. SYSTÉMY ŘÍZENÍ PÁSOVÝCH LINEK	24
4.1. SYSTÉM MJM.....	25
4.2. SYSTÉM APD	26
4.2.1. Hlavní funkce systému:.....	27
4.2.2. Prvky systému APD:	27
5. PÁSOVÉ ODTĚŽENÍ V DOLE DARKOV.....	30
5.1. ROZBOR PÁSOVÝCH LINEK.....	30
5.2. PROVOZ NA PÁSOVÝCH LINKÁCH	35
5.3. ČASOVÉ ZHODNOCENÍ PÁSOVÝCH LINEK.....	36
6. EKONOMICKÁ BILANCE POHONŮ	39
6.1. URČENÍ VÝKONŮ JEDNOTLIVÝCH MOTORŮ	39
6.2. EKONOMICKÁ NÁKLADNOST JEDNOTLIVÝCH MOTORŮ	40
7. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PROVOZU.....	42
7.1. ODTĚŽENÍ V NEPŘETRŽITÉM PROVOZU	42
7.2. STÁVAJÍCÍ MODEL ŘÍZENÍ POUŽÍVANÝ V DOLE DARKOV.....	43
7.3. POSTUPNÉ VYPÍNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH PÁSŮ	45
7.4. ZHODNOCENÍ	48
8. ZÁVĚR.....	49
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
10. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	52
11. SEZNAM TABULEK	53

1. Úvod

Důlní doprava představuje jeden z hlavních pilířů celého procesu dobývání nerostných ložisek. V rámci černouhelné společnosti OKD a.s. jde o nezanedbatelnou součást provozu celého dolu a její efektivní využití a poruchovost výrazně ovlivňuje chod celé společnosti. Černouhelné hornictví prošlo v Ostravské a Karvinské části bezmála více jak 200 let trvající modernizací. Z počátku se využívalo převážně lidské, koňské a parní síly. Teprve počátkem 20. stol. elektromotory začaly postupně vytlačovat zastaralé mechanizace. S následnou elektrifikací důlních provozů narůstal také problém se stále zvyšující se spotřebou elektrické energie.

Odběr elektrické energie má pro tak energetický náročný podnik jakým OKD a.s. je, výrazný podíl na hospodaření a konkurenceschopnost. Snaha o úspory v oblasti elektrické energie a zároveň neomezování dobývacích standardů je tedy jednou z priorit při dobývání černého uhlí.

V úvodní části práce se okrajově věnuji problematice rozvodu elektrické energie v důlním prostředí, která přiblíží způsoby napájení, a provozování elektrických zařízení. Tato část by měla zajistit ucelený přehled o provozování dopravníkových pásů v dole.

V další části se zabývám problematikou provozu centrálních pásových linek na 10. patře Důlního závodu 1 lokality Darkov a možností úspor při jejich provozu. Při celkovém počtu 37 linek a cca 8 km délky je spotřeba elektrické energie při provozu pásových linek zajímavým faktorem k určení finančních úspor.

2. Teoretický rozbor důlních rozvodů

Provozování elektrických zařízení v důlním prostředí se zásadně liší od provozování elektrických zařízení na povrchu. V černouhelných dolech společnosti OKD a.s. se vyskytují pouze prostředí s nebezpečím výbuchu metanu (SNM), z čehož vyplývá dodržování nejprísnejších bezpečnostních předpisů a zásad při provozování jakéhokoliv elektrického zařízení. V černouhelných dolech je rozvod elektrické energie veden výlučně v uzemněné síti IT a to ještě s různými specifiky oproti povrchové IT síti.

2.1. Specifika důlních rozvodů

Černouhelné doly společnosti OKD a.s. jsou jak už bylo řečeno zařazeny v prostoru s nebezpečím výbuchu metanu – SNM a to navíc se zvýšeným nebezpečím SNM 2. Dále jsou tyto prostory zařazeny s požadavkem na provoz elektrických zařízení jako prostory s nebezpečím výbuchu uhelného prachu – SNP a bez nebezpečí výbuchu uhelného prachu – BNP. Je-li důl zařazen do prostoru SNM 2 není třeba už tento důl dále zařazovat z hlediska provozu elektrických zařízení do SNP.

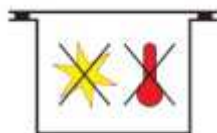
Nebezpečí které plyne z výskytu plynu metanu CH_4 v důlním prostředí je ten, že tento plyn v určité koncentraci a výskytem zápalné směsi vybuchuje, popřípadě hoří. Zápalnou směsí můžeme rozumět například elektrickou jiskru nebo oblouk. Z těchto důvodů musíme elektrické zařízení v dole provozovat ve stavu provozním i poruchovém tak, abychom předešli vzniku zápalné směsi a zároveň dodrželi veškeré opatření proti vzniku nebezpečného dotykového napětí.

2.1.1. Elektrická zařízení v dolech

Nejdůležitějším faktorem pro provozování elektrických zařízení v prostředí SNM 2 je ten, aby takové zařízení nebylo iniciátorem výbuchu jak při provozním tak i poruchovém stavu. Základní ochranou před výbuchem od elektrického zařízení v důlním prostředí je zamezení přístupu výbušné směsi k takovému prostoru elektrického zařízení, kde by mohlo dojít k jiskření nebo nebezpečnému zahřívání. Dalším opatřením je zamezení vzniku jiskření na elektrických zařízeních. **Pro veškeré zařízení zpracovávané v této diplomové práci platí předpisy pro používání elektrických zařízení s nebezpečím výbuchu.**

Pro jednotlivé druhy nevýbušného provedení se používají tyto názvy a označení.

- a) *zajištěné provedení – e* – mechanické zesílení konstrukčních částí, použití vysoce kvalitních izolantů, snížení elektrického a magnetického namáhání aktivních částí, nižší dovolené oteplení. (motory, světla, svorkovnicové skříně)



Obr. 1 Zajištěné provedení

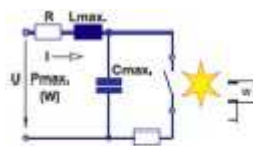
- b) *pevný závěr – d* – je to zvláštní kryt, který zcela zabraňuje, aby se v prostoru kde jsou části, jež mohou dát popud k výbuchu, nahromadila výbušná směs nebo dojde-li k výbuchu uvnitř závěru, zabránil jeho přenosu do okolního prostoru. (motory, transformátory, světla, rozvaděče, spojovací skříně, atd.).



Obr. 2 Pevný závěr

- c) *jiskrově bezpečné zařízení – i* – jsou to zařízení, jejichž bezpečná činnost záleží na vhodné volbě parametrů, takže elektrické výboje, které vznikají při normální činnosti, nebo při poruchách, nejsou schopny zapálit výbušnou směs. V jiskrově bezpečném provedení je možno používat elektrické zařízení s omezeným výkonem – zpravidla u zařízení slaboproudých, sdělovacích, ovládacích a měřících.

- *ia* – bezpečnost zajištěna i při dvou nezávislých poruchách
- *ib* – bezpečnost zajištěna pouze při jedné poruše



Obr. 3 Jiskrově bezpečné zařízení

2.1.2. Rozvodná uzemněná síť v důlních podmínkách

V soustavě IT, kde nejsou fáze ani střed výkonového zdroje uzemněny přímo přes nízkou impedanci, nenastává při poruchových stavech, tj. při spojení jedné fáze se zemí zkrat, ale vzniká zemní proud, který může být příčinou vzniku přepětí v síti, elektrických oblouků a jiskření. Tyto stavy mohou vyvolat opalování vodičů a jejich izolace. Není-li dostatečně rychle vypnut, může být zdrojem požárů a v sítích vn i následných zkratů. Tyto stavy mohou v kombinaci s výbušnou atmosférou způsobit výbuch nebo požár.

Velikost zemního proudu je dána především napětím sítě a příčnou admitancí, kterou tvoří kapacita fázových vodičů proti zemi. Instalace musí být zřizovány takovým způsobem, aby poruchové napětí v důsledku průtoku zemního poruchového proudu v síti nepřekročilo 50 V AC [1].

- **Zemní spojení jedné fáze:** Při poškození izolace dojde ke spojení fáze se zemí. Kapacitní proud této poškozené fáze se soustředí do místa poruchy, který dále prochází do země. Tento proud se poté uzavře přes kapacity ostatních dvou fází do transformátoru. Jestliže není zařízení kvalitně uzemněno, může dojít v místě přechodu k jiskření nebo vzniku oblouku, což je v prostředí nebezpečném velice nepříznivý jev. Dalším nepříznivým faktorem je, že v okamžiku poruchy se fáze stane součástí země a napětí mezi zemí a ostatními fázemi stoupne na sdružené. Tímto je izolace el. zařízení více namáhána a v dalším slabším místě izolace může dojít k probití a následnému dvoufázovému zkratu.
- **Zemnicí soustava v podzemí dolu:** Hlavní zemnicí vedení se napojuje na tzv. strojený zemnič a dále na všechny vodivé neživé části el. zařízení. Strojený zemnič jsou v podstatě dvě měděné desky, které jsou trvale ponořeny ve vodě v žumpovním překopu pod hlavní čerpací stanicí. Hlavní zemnicí vedení tvoří měděný vodič o průřezu 50 mm² nebo ocelový pozinkovaný vodič o průřezu 95 mm² a musí být instalováno podél zařízení vn.

Odpor uzemňovací soustavy v síti nízkého napětí musí být menší než 15Ω . V síti vysokého napětí musí být odpor také menší než 15Ω a zároveň musí být vypočten ze vzorce:

$$6\text{kV} \quad R_z \leq \frac{50}{l} \quad (1)$$

$$3,3\text{kV} \quad R_z \leq \frac{100}{l} \quad (2)$$

R_z - odpor uzemňovací soustavy

l - součet délek všech kabelů vn v km připojených na stejný napájecí zdroj

2.2. Rozvod elektrické energie v dole

Napájení důlních provozů a rozvod elektrické energie v důlním prostředí se řídí jinými pravidly než na povrchových pracovištích. Musíme zohlednit, že na relativně malé ploše se soustřeďuje poměrně hodně spotřebičů o celkovém součtovém výkonu přesahující gigawatty. Tímto k rozvodu nepotřebujeme příliš vysoké napětí. V drtivé většině se k rozvodu užívá napěťová hladina 6 kV. Dalším specifikem je přítomnost výbušného prostředí, čímž nesmí být rozvod veden holými vodiči, ale pouze kabely, které musí navíc splňovat přísná kritéria. K zajištění spolehlivosti bezpečného odpojení od zdroje hlídačem izolačního stavu, musí být navíc kabely vybaveny kovovým pancířem, kovovým stíněním žil nebo polovodivým stíněním. Uložení kabelů se nikdy neukládá do země, nýbrž se vede ve speciálních kanálech nebo jsou přivěšovány k obvodovým stěnám chodeb nebo překopů.

Z hlediska bezpečnosti musíme objekty v nebezpečných prostorech vypnout z bezpečného místa, ale zároveň zajistit chod důležitých zařízení i v nebezpečných stavech. (nouzové osvětlené, havarijní ventilátory, čerpadla požární a odpadní vody)

Z tohoto důvodu určujeme tři stupně dodávek elektrické energie:

- 1) **Dodávka 1. stupně** – jsou dodávky, které musí být zajištěny za všech okolností (ohrožení života, velké hospodářské škody)
- 2) **Dodávka 2. stupně** – jsou dodávky, které mají být pokud možno zajištěny (např. drtírna, třídírna uhlí, ohřev vtažných větrů)

3) **Dodávka 3. stupně** – jsou dodávky, které nemusí být zajišťovány zvláštním opatřením (dílny, svařovny atd.).

2.3. Napájení důlních provozů

Důlní závody jak už bylo řečeno mívají velký součtový výkon na poměrně malé ploše. Z tohoto důvodu mají jednotlivé doly vlastní napájecí síť nejčastěji o velikosti 22 kV, a to zpravidla z nejbližší elektrárny popřípadě rozvodny vvn.

Objekty důlního závodu pro rozvod elektrické energie mají zpravidla tyto objekty:

- *Důlní transformovna* – je umístěna na povrchu závodu. Je vždy krytá z důvodu vlhkého a prašného prostředí. Transformace z 22 kV na 6 kV a rozvod k jednotlivým odběrům je veden kabelově.
- *Hlavní důlní transformovny* – jsou umístěny na jednotlivých patrech v blízkosti náraziště v dobře větraném prostoru a napájeny nejméně dvěma kabely.
- *Podružné transformační stanice* – zřizují se na určitou dobu v blízkosti jednotlivých provozů nebo místě větší spotřeby.
- *Mobilní transformovny* – převážně v porubech nebo předcích k pohánění důlních strojů. Jsou součástí systému k spouštění a jištění jednotlivých zařízení.

3. Specifika rozvodu odtěžení

3.1. Doprava dobývaného materiálu

Jedním ze základních činností veškeré důlní činnosti je proces transportu dobývaného materiálu z místa dobývání až na povrchové pracoviště popřípadě materiálu potřebného k dobývání opačným směrem.

3.2. Dělení dopravy

Dopravu dělíme na vodorovnou, kde úklon nepřekročí 35 mm/m, úklonnou s úklonem větším než 35 mm/m ale nepřesahuje 45° a svislou s úklonem větším než 45° až do 90°, kdy v rámci diplomové práce se budu věnovat dopravě vodorovné nebo úklonné, kde je maximální stoupání 18° a klesání 12°.

3.2.1. Vodorovná doprava

- kolejová doprava
- doprava pásovými dopravníky
- závěsná doprava
- doprava lanem
- doprava osob

3.2.2. Svislá doprava

- těžní zařízení klecová
- těžní zařízení skipová

3.3. Pásové dopravníky

Pásový dopravník je dopravník, jehož unášecím a tažným prvkem je nekonečný dopravní pás obíhající mezi hnacím a vratným bubnem doplněný dalšími konstrukčními prvky potřebnými pro provoz dopravníku. Je určen pro přímočarou vodorovnou a úklonnou dopravu sypkých hmot (za určitých okolností i osob nebo kusových materiálů) na krátké, střední i dlouhé vzdálenosti.

Pásová doprava v hlubinných dolech (ale taky v povrchových) představuje jeden z nejdůležitějších článků technologie dobývání, bez kterého nelze v dnešní době realizovat těžební

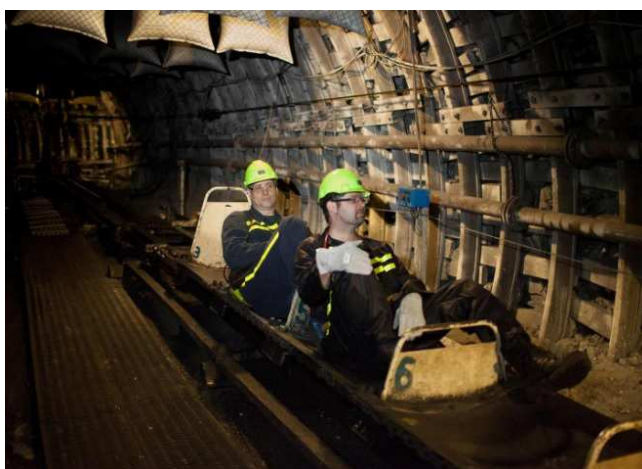
proces. Pásové dopravníky určené pro provoz v hlubinných dolech s nebezpečím výbuchu musí respektovat omezený prostor v důlních dílech, vlastnosti nehořlavých materiálů, nemožnost akumulace statických nábojů, které by mohly zapříčinit vznik jiskry a následné zapálení výbušné směsi. [2]

Princip provozu odtěžení rubaniny spočívá ve společném dopravním systému, který zahrnuje hřeblové dopravníky, úsekové odtěžení, centrální odtěžení a následné uložení v zásobnících. Ze zásobníků rubanina plynule přechází na skipovou dopravu.

Druhy pásových dopravníků

- pásové dopravníky pro dopravu rubaniny
- pásové dopravníky pro dopravu osob
- pásové vleky

1) ***Pásové vleky*** – Pásový vlek je dopravní zařízení sloužící převážně k dopravě maximálně 20 osob v přímých důlních dílech proměnlivým úklonem. Souprava je vlečena nekonečným lanem ve dvou směrech.



Obr. 4 Pásový vlek

2) ***Pásové dopravníky pro dopravu osob*** – Je to v podstatě dopravník který se konstrukčně neliší od pásového dopravníku pro dopravu rubaniny. Liší se v bezpečnostních prvcích. Musí obsahovat nástupní a výstupní plošiny, zábrany proti přejetí, přepínání mezi dopravou osob a materiálu, signální ozvučení, osvětlení a bezpečnostní prvky k zastavení pásu umístěných na dosah ruky při jízdě na pásu.



Obr. 5 Doprava osob na pásovém dopravníku

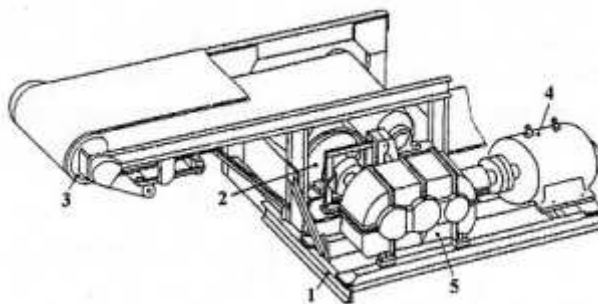
- 3) **Pásové dopravníky pro dopravu rubaniny** – Jsou určeny pro dopravu rubaniny a sypkých hmot. Při splnění určitých podmínek i k dopravě materiálu. Konstrukce pásového dopravníku bývá umístěna na počvě důlního díla, nebo zavěšena pomocí řetězů k výztuži. U stabilních podloží na hlavních dopravních trasách může být konstrukce uchycena v betonových patkách uložených v počvě. Součástí vybavení pásových dopravníků jsou násypky, přesypy, stírače, zkrápění v přesypech, systémy pro automatické ovládání a kontrolu bezporuchového chodu linky apod.

3.4. Pásové dopravníky pro dopravu rubaniny

To nejdůležitější v rámci této diplomové práce a na co je zaměřena jsou pásové dopravníky pro dopravu rubaniny. V uhelných hlubinných dolech v České republice v podstatě převažuje doprava pásovými dopravníky. Účelem těchto dopravníků je odtěžit v co nejkratším čase co největší množství rubaniny. Konstrukce pásových dopravníků v uhelných dolech musí být přizpůsobena prostředí tzn. podmínky nevýbušného provedení, zkrápění prашného prostředí, oheň nešířící provedení. Výhodou pásových dopravníků je automatizace, rychlost dopravy, prostorová nenáročnost, rychlá možnost přizpůsobení se daným podmínkám, sledování chodu a řízení celé linky z dispečerského stanoviště. Nevýhodou je spousta pohybujících se konstrukčních částí, možnost zvýšeného rizika velkého oteplení v důsledku tření.

Hlavní části důlního pásového dopravníku

- **poháněcí stanice** – konstrukce poháněcí stanice musí být pevně ukotvena do počvy nebo připraveného betonového podloží. V absolutní většině je poháněcí jednotkou pro svou jednoduchost a velkou odolnost na prostředí asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko s výkony od 17 do 500 kW. Z těchto motorů je hnací síla přenášena přes spojku na převodovou skříň a dále na tažný válec. Tažný válec pomocí tření převede hnací sílu na dopravníkový pás, který se uvede do chodu. Tažný válec bývá hladký, upraven drážkováním nebo pogumovaný z důvodu zvýšení součinitele tření. Dle účelu se dále používají stanice s uspořádáním jednoho válce, dvou a tří válců. Zabezpečení proti zpětnému pohybu a plynulému zastavení slouží brzdy. Poháněcích stanic je velké typové množství a je na projektantovi pásových linek jaký druh zvolí pro konkrétní část odtěžení.



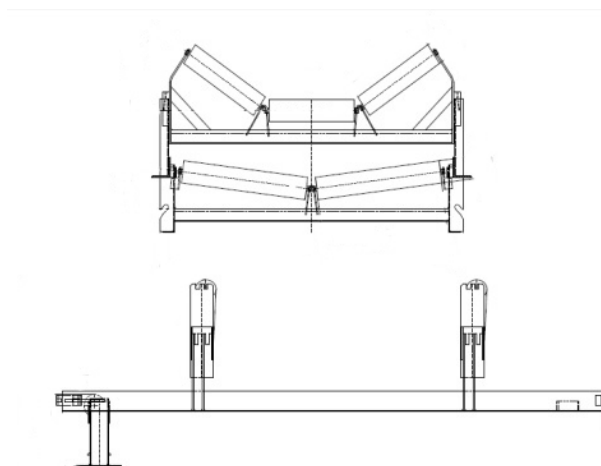
Obr. 6 Poháněcí stanice pásového dopravníku

1 – základní konstrukce, 2 – hnací buben, 3 – vratný buben, 4 – elektromotor, 5 – převodovka

Příkon jednotlivých elektromotorů poháněcích stanic je v této práci stěžejní pro výpočty prováděné v další části této práce.

- **trat'** – jestliže poháněcí stanice jsou svaly dopravníku, tak trat' a její nosná konstrukce je její páteří. K nosné konstrukci jsou uchyceny veškeré strojní součásti a celek tvoří trat' pásového dopravníku. Používáme stacionární nebo mobilní konstrukce. Stacionární tvoří kostru spojenou pevným šroubovým spojením, s níž se počítá na delší časové působení v místě instalace. Mobilní se vyznačují lehčí a menší konstrukcí z důvodu častější manipulace. Spoje tvoří klíny a příchytne šrouby. Použití těchto tratí je jako úsekové dopravníky.

Stolice pro nosnou část a vratnou část pásu tvoří nosné vidlice a válečky. Horní větev jenž nese nosné válečky mívá většinou provedení jednoválečková, dvouválečková, třívalečková nebo víceválečková. Spodní větev bývá buď jedno nebo dvouválečková. Ve společnosti OKD a.s. se setkáváme v provedení kdy nosný prvek zajišťuje trojváleček a spodní je tvořen dvěma válečky.



Obr. 7 Mobilní typ konstrukce používané v OKD a.s.

- **Dopravníkový pás** – Tepnou pásového dopravníku je samotný dopravníkový pás, který je součástí tratě. Je to nejdražší součást kompletního dopravníku a zároveň nejdůležitější. Je nosným a zároveň tažným prvkem a požadavky kladené na použití dopravníkového pásu v hlubinném dole jsou vysoké.

Požadavky: nesmí podporovat šíření požáru

dobrá pružnost v hlavní ose

minimální průtažnost

odolnost a pevnost proti vlivům dopravovaného materiálu

Materiály používané k výrobě: gumové

polyvinylchloridové

ocelové

celogumové

z drátěného pletiva

Ve společnosti OKD a.s. se používají pásy gumové a PVC. Jednotlivé pásy mají pro větší pevnost v tahu kostru tvořenou textiliemi a ta se liší podle typu dopravníkového pásu.

Dopravníkové pásy se musí spojovat přímo na nosné konstrukci tratě a to těmito metodami:

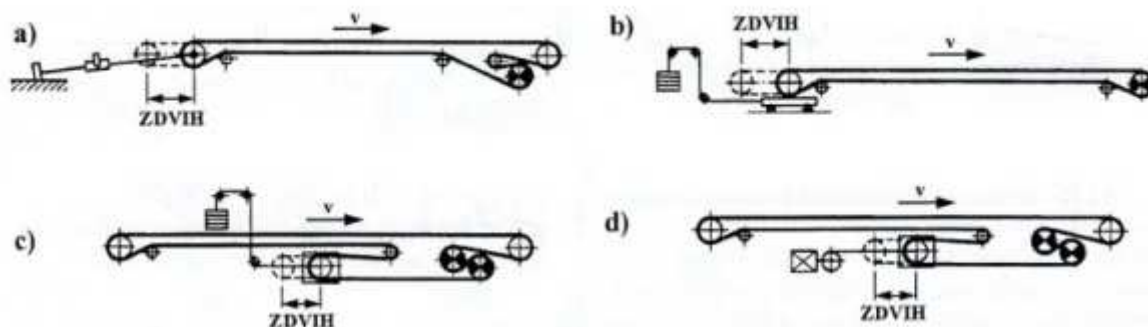
vulkanizací

lepením

- **Napínací stanice** – Je zařízení sloužící k dostatečnému pnutí dopravníkového pásu. Síla potřebná k provedení pnutí je buď mechanická nebo hydraulická. Je v podstatě zajištěno předpětí dopravníkového pásu, které je nutné pro přenos tažné síly z hnacího bubnu a pro omezení průhybu mezi válečkovými podpěrami.

Napínací stanice dělíme na:

- napínací zařízení kompenzující trvalé prodloužení pásu (do 100m).
- napínací zařízení kompenzující trvalé i pružné prodloužení pásu.



Obr. 8 Typy základních napínacích stanic [2]

- a) napínání šroubem, b) napínání závažím na vratné stanici, c) napínání závažím na poháněcí stanici, d) automatické napínání

- **Vratná stanice** – Posledním článkem pásového dopravníku je vratná stanice, která často plní funkci napínací stanice. Skládá se z vratného bubnu, stěrače pro odstranění nečistot z pásu a kotvení samotné stanice. Vratný buben zde plní úlohu změny směru pohybu pásu a je stejného provedení jako buben poháněcí stanice. [2]
- **Přesypová stolice** – je tvořena bočnicemi a válečky pro usměrnění rubaniny při dopravě z jednoho pásu na druhý.

3.5. Použité dopravníkové pásy v dole Darkov

V dole Darkov společnosti OKD a.s. jsou používány především důlní pásové dopravníky firmy Ostroj a.s., a firmy Zeppelin typu BELT.

3.5.1. Typy používaných dopravníků

- TP 400,630
rychlost pásu se pohybuje mezi 1,25 až 2,5 m/s, šířka pásu 800-1000mm.
- TP 801, 1001,1200,1201, BELT 1200
rychlost pásu 1,6 – 3,15 m/s, šířka pásu 800,950,1000,1200 mm.
- DP 1200,1400
rychlost pásu 2,5 – 3,7 m/s, šířka pásu 1200 – 1400 mm.

Především k centrálnímu odtěžení slouží pásové dopravníky typu BELT dodávané firmou Zeppelin CZ s.r.o. Tyto pásy mají šířku dopravníkového pásu 1200 mm popřípadě 1400 mm.



Obr. 9 Dopravní linka typu BELT s krytem [3]



Obr. 10 Dopravní linka BELT bez krytu [3]

3.5.2. Umístění dopravníků

Umístění jednotlivých dopravníků v důlním díle je velmi různé a specifikace instalace pro každý instalovaný důlní pásový dopravník musí odpovídat daným důlním podmínkám. Proto nelze určit jednotné požadavky pro instalaci, ale musíme dodržovat alespoň minimální požadavky na jejich umístění. Ty stanovuje vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb. ve znění pozdějších předpisů, a to konkrétně v §301 týkající se dopravních cest s dopravníky.

Při instalaci dopravníku musíme počítat se stísněným prostorem, mokrým prostředím a neustále se usazujícím uhelným prachem.

Pro potřeby této diplomové práce se setkáváme s dopravníky typu BELT o šířce dopravníkového pásu 1200 a dopravníky typu TP o šířce 1200 a 1000.



Obr. 11 Umístění dopravníkového pásu v prostředí dolu

4. Systémy řízení pásových linek

Provoz pásových dopravníků se snažíme, pokud je to technicky možné, v co největší míře plně automatizovat. V dnešní době se v dolech společnosti OKD a.s. setkáváme nejčastěji s dvěmi, respektive třemi druhy řízení pásových linek. Systém APD společnosti Hansen-elektrik, který má aktuálně dominantní pozici v řízení pásových linek. Dále je možnost setkat se ze systémem PROMOS (PROgramovatelný MOdulární Systém) a nejstarší, ale stále hojně využívaný systém MJM. Každý z těchto systémů má doplňkové funkce bezpečnosti provozu jako jsou čidla přesypu, teploty, prokluzu dopravníkového pásu atd. Systém MJM lze ovládat pouze místně, s navolenou automatikou, kdežto systém APD i PROMOS lze ovládat z dispečerského stanoviště dálkově. Z tohoto důvodu se snažíme v páteřních linkách nahrazovat všechny starší systémy právě systémem APD. Automatické systémy řízení, musí splňovat spoustu bezpečnostních kritérií a funkcí, např.:

- výstražný signál (akustický, světelný nebo kombinovaný) při rozběhu v pevně stanovené délce a podél celé linky.
- blokovací lanko podél celého dopravníku
- automatický rozjezd nebo zastavení linky až po rozběhu nebo zastavení linky předešlé
- nutnost ručního i dálkového ovládání
- dorozumivací signalizace nebo hovorové zesilovače podél celé linky
- automatické odstavení pásu v poruše a vypnutí pásů na něj navazujících
- nemožnost samovolného spuštění

V této diplomové práci je na řízení pásových linek kladen velký důraz. Obecně je pásová linka na dole Darkov vypnuta po 20 minutách provozu bez činnosti dobývaného stroje nebo hřeblových dopravníků. Doba vypnutí je závislá na charakteru odstávky porubu nebo ražby a proto je v místě těžby instalovaný vypínač pro ruční odstavení pásové linky. Pro krátkodobější přerušení práce se jeví jako nevýhodné odstavovat celou pásovou linku, z důvodu dlouhého času trvajících ke zpětnému najetí linky.

4.1. Systém MJM

Pneumatický automatizační systém MJM s normálním rozsahem laděného tlaku vzduchu 10-200 kPa je založen na necentrálním postupném ovládání, blokování a signalizaci, takže v rámci své jednoduchosti zaručuje plynulý a bezpečný provoz pásových linek. Jeho historie sahá až do 50 let minulého století, kde byl navržen a vyvinut v OKR se zřetelem ke skutečnosti, že na dolech OKR je vedle dopravníků s elektrickým pohonem stále ještě značný počet dopravníků s pohonem vzduchovým. [4]

Systém využívá tlaku vzduchu, který je propojen s tlakovými ventily v zařízení a dále rozveden jiskrově bezpečným obvodem k ovládání stykače elektromotoru pásového dopravníku. Každý pásový dopravník musí mít své vlastní ovládání. Nelze ovládat jedním zařízením více pásových linek. Ovládání se umísťuje u pohonu dopravníkového pásu a dále je z něho rozveden systém blokovacích prvků, který umožňuje daný dopravník v kterémkoliv místě zastavit, a jednotlivá čidla. Systém MJM využívá pouze funkce ručního ovládání a automatického ovládání. Možnost dálkového ovládání není u tohoto systému přístupna.

- ruční ovládání spustí pouze dopravník, který odpovídá danému dopravníku. Jestliže je následující pás přepnutý v režimu automatiky, tak se tento pás spustí také.
- automatické ovládání se spouští za předpokladu, že předchozí dopravník je v pohybu. Ten svým pohybem spustí prvek hlídání chodu pásu, který díky tlaku vzduchu sepne spínač a dá povel k rozjezdu dopravníku. Tento rozjezd musí být časově a zvukově odstupňovaný.

Systém MJM je levný avšak opravy si vyžadují vždy přítomnost školeného personálu z oboru elektro nebo vzduchotechniky. Nemožnost dálkově detekce dispečerským stanovištěm prodlužuje dobu odstávky, pokud je linka v poruše.

Výhody: jednoduchý

levný

Nevýhody: nemožnost dálkového ovládání

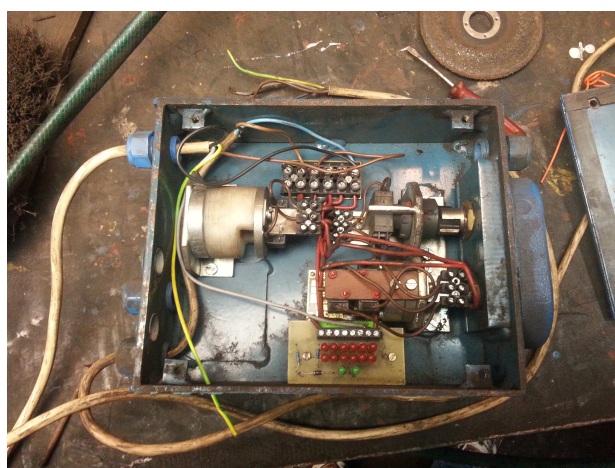
nemožnost detekovat konkrétní poruchu

absence hlasové komunikace

není možné detekovat výpadek konkrétní linky



Obr. 12 Blokovací prvek



Obr. 13 Zapojení řídicího prvku

4.2. Systém APD

Slouží k programovému řízení, ovládaní a monitorování chodu dopravníkové linky včetně drtiče a pluhu a řízení v porubu, popřípadě jiných strojů v dole, ale i na povrchu dle nejnovějších ustanovení a vyhlášek pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu.

Umožňuje přenos dat a hovoru podél celé dopravníkové linky a dále z dolu na povrch, vizualizaci procesu odtěžení, hlasité hovorové spojení, signalizaci a vysílání varovného tónu při rozjezdu strojů

v porubu nebo chodbách. Umožňuje dále zastavení a blokování strojů. Dále se naskytují i možnosti softwarového rozšíření. [5]

4.2.1. Hlavní funkce systému:

- programové řízení
- nouzové zastavení strojů
- hovorové spojení podél stroje
- signalizace včetně vysílání varovného signálu před rozjezdem
- monitorování a vizualizace chodu dopravních linek
- archivace naměřených hodnot i změn parametrů
- snadná diagnostika celého systému a lokalizace poruchy z ovládacího stanoviště na povrchu nebo v dole
- přístup z internetu nebo intranetu

4.2.2. Prvky systému APD:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| - stanice centrální SC1 | - převodník blokovací OPB 1 P1 |
| - stanice dopravníku SD1, SD2 | - snímač odklonu SO1 P1 |
| - zdroje OZ12, OZ3 | - snímač teploty ST1 P1 |
| - zesilovač hovorový OPZ1 P3, P4, P5 | - převodník telefonní TP1 P2 |
| - klíč blokovací OKB1 P2, P3 | - snímač rychlosti SR1 |



Obr. 14 Stanice dopravníku SD1 P2

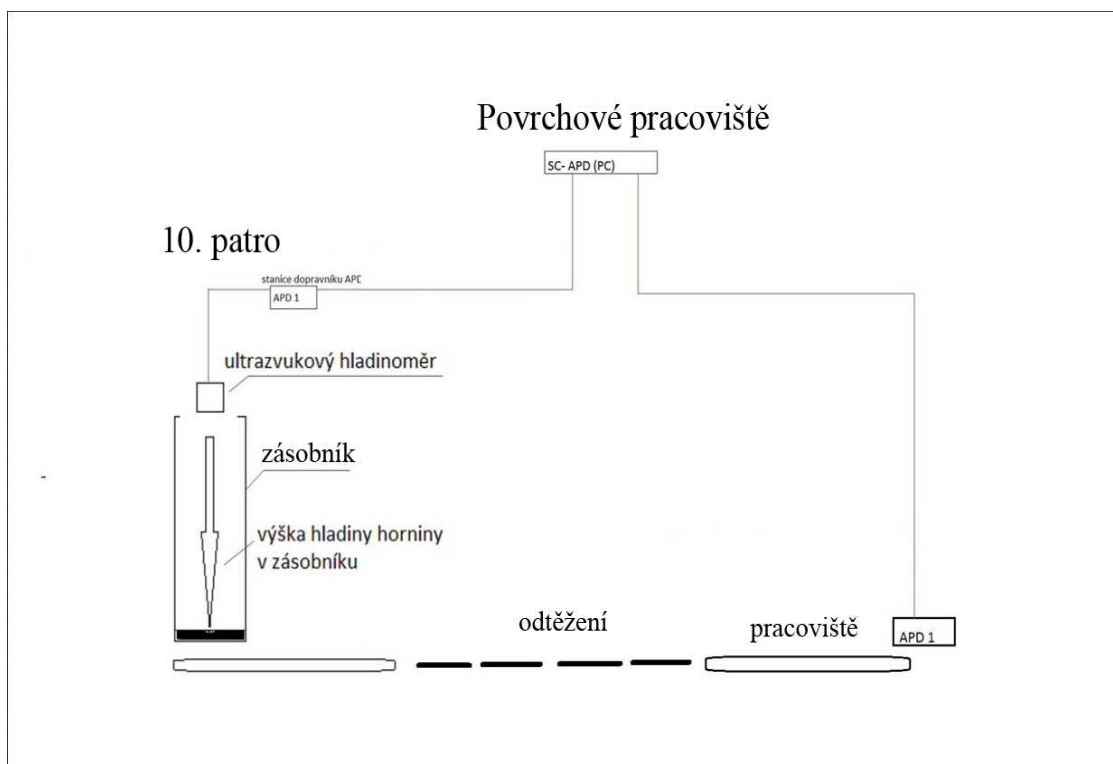


Obr. 15 Hovorový zesilovač OPZ1 P5



Obr. 16 Blokovací klíč OKB1 P2

K celkovému systému na dole Darkov je taktéž zpracována vizualizace systému SGS32 společnosti Prosystem s.r.o která zobrazuje v dispečerských stanovištích kompletní stav pásových linek v dole.



Obr. 17 Sledování odtěžení dle výšky horniny v zásobníku

5. Pásové odtěžení v dole Darkov

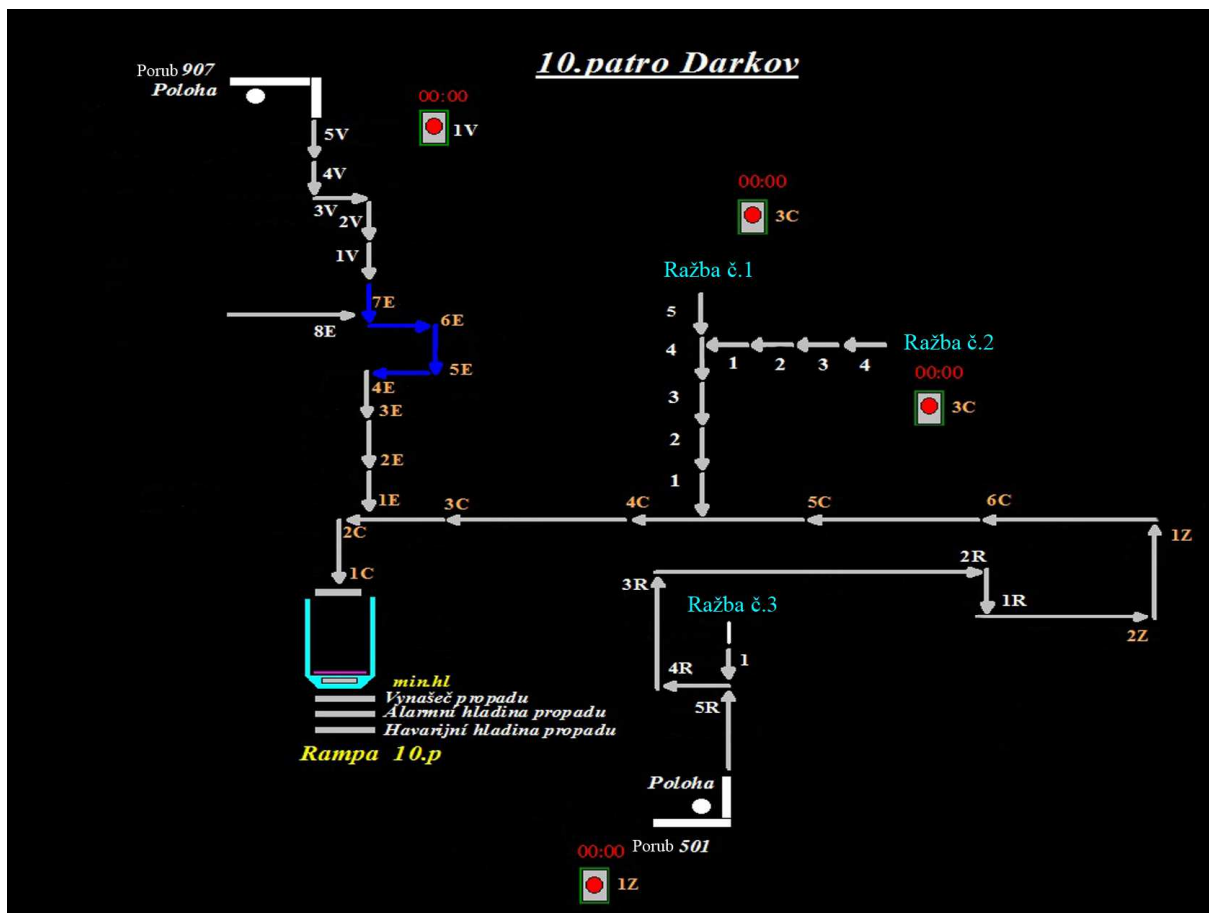
5.1. Rozbor pásových linek

V této práci je rozebrán provoz pásových linek na desátém patře důlního závodu 1 lokality Darkov společnosti OKD a.s. Do výpočtů jsem nezapočítával porubové a hřeblové dopravníky v jednotlivých porubech a ražbách.

Systém odtěžení v dané lokalitě je veden z jednotlivých porubů a ražeb pomocí úsekových a centrálních pásových linek směrem k rampě na desátém patře ve schématu označené 10 p. Rampa je hlubinný zásobník, kde se dopravuje veškerá odtěžená hornina a ta je následně skipovou věží vytažena na povrch k další úpravě.

Pásové linky jsou pro lepší přehlednost označeny písmeny s kombinací čísel. Ve schématu nejsou takto označeny pouze linky vedoucí k jednotlivým ražbám v systému řízení MJM. Tyto linky mají pouze číslicové označení, proto přiřadíme pro přehlednost označení „ražba 1“, „ražba 2“, atd...

Na obr. 18 je znázorněno schéma kompletního pásového odtěžení ze systému SGS na desátém patře z jednotlivých porubů a ražeb. Záměrně jsem vynechal neaktivní pásové linky, které nejsou v době vypracování této práce důležité. Ve schématu dále schází zobrazení pásové linky 7C a 8C. Tyto dvě linky slouží k přetěžování horniny z lokality dolu ČSM, nicméně jsou do celkového výpočtu instalovaného výkonu linek zahrnuty jelikož jsou součástí spotřeby dolu Darkov. Do výpočtu řízení linek ale nebudou zahrnuty, z důvodu nemožnosti ovlivnění těžby v jiném hlubinném dole. Ražba č. 2 a 5. pás ražby č. 1 nejsou započteny v tabulce časového provozu jelikož v systému v systému SGS tyto pásy nebyly zavedeny. Do výpočtu nákladů bude pro tyto pásy uveden průměr z provozu linek ražby č.1. Centrální pás č. 8E je zapínán pouze z důvodu otevírání nové ražby. Pás č. 5V nebyl do výpočtu zahrnut z důvodu jeho rušení v době vypracování práce.



Obr. 18 Odtěžení 10. patra v dole Darkov

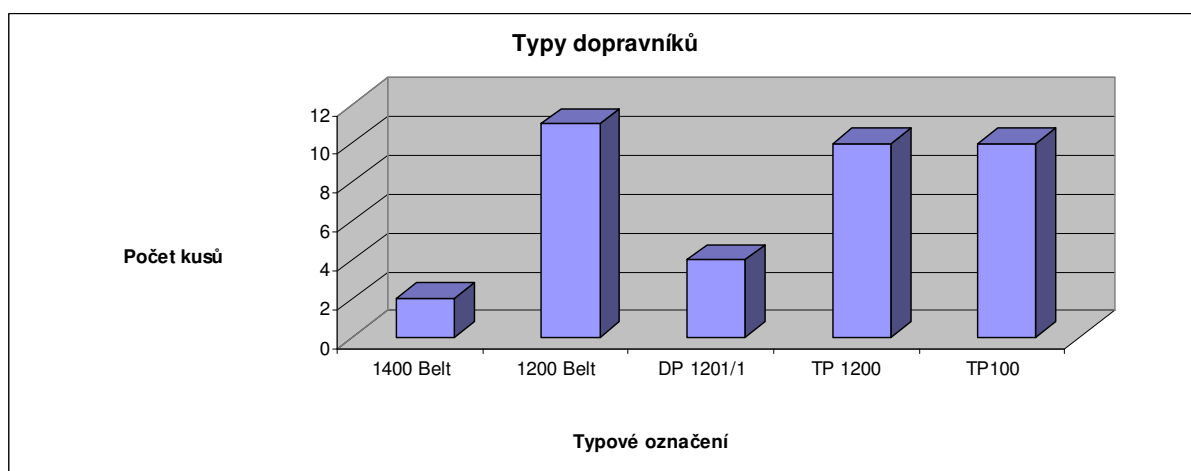
Na desátém patře v době vypracování této práce je v provozu 37 pásových linek. Z tohoto počtu je 19 linek vedeno jako centrální a 18 jako úsekové. Centrální linky jsou páteří hlubinného odtěžení v dole a jejich umístění je plánováno na delší časový úsek. Úsekové pásové linky se mění z aktuální potřebou ražby a nebo k odtěžení uhlí z porubu. V tabulce č. 1 je uveden přehled všech pásových linek na 10 patře s jejich označením.

Tab. 1 Soupis pásových linek na 10. patře

pracovní označení dopravníku	typ pohonu	délka v metrech	počet a výkon elektromotorů	sofstart
1C	TP 1400 Belt	300	2 x 250kW/1000V	ANO
2C	TP 1400 Belt	170	1 x 250kW/1000V	ANO
3C	DP 1201/1	680	2 x 160kW/1000V	ANO
4C	DP 1201/1	465	2 x 160kW/1000V	ANO
5C	DP 1201/1	245	2 x 250kW/1000V	ANO
6C	DP 1201/1	220	2 x 250kW/1000V	ANO
7C	TP 1200	620	2 x 100kW/1000V	ANO
8C	DP 1200 Belt	540	2 x 100kW/1000V	ANO
1Z	TP 1201	80	2 x 100kW/500V	NE
2Z	TP 1200 Belt	300	2 x 250kW/1000V	ANO
1E	TP 1200 Belt	245	2 x 100kW/1000V	NE
2E	TP 1200 Belt	250	2 x 250kW/1000V	ANO
3E	TP 1200 Belt	250	2 x 250kW/1000V	ANO
4E	TP 1200 Belt	60	2 x 100kW/500V	NE
5E	TP 1200 Belt	280	2 x 250kW/1000V	ANO
6E	TP 1200	100	2 x 100kW/500V	NE
7E	TP 1200 Belt	345	2 x 250kW/1000V	ANO
8E	TP1200 Belt	250	2 x 250kW/1000V	ANO
1V	TP 1200 Belt	330	2 x 250kW/1000V	ANO
2V	TP 1200 Belt	90	2 x 100kW/1000V	ANO
3V	TP 1200	45	2 x 75kW/500V	NE
4V	TP 1200	120	2 x 75kW/500V	NE
1R	TP 1200	60	2 x 75kW/500V	NE
2R	TP 1200	190	2 x 100kW/500V	NE
3R	TP 1200	40	2 x 75kW/500V	NE
4R	TP 1200	210	2 x 100kW/500V	NE
5R	TP 1200	70	2 x 100kW/500V	NE
1 Ražba 3)	TP 1000	170	2 x 55kW/500V	NE
1 (Ražba 1)	TP 1000	70	2 x 55kW/500V	NE
2	TP 1000	60	2 x 55kW/500V	NE
3	TP 1000	75	2 x 55kW/500V	NE
4	TP 1000	160	2 x 55kW/500V	NE
5	TP 1000	240	2 x 55kW/500V	NE
1 (Ražba 2)	TP 1000	50	2 x 55kW/500V	NE
2	TP 1000	180	2 x 55kW/500V	NE
3	TP 1000	250	2 x 55kW/500V	NE
4	TP 1000	240	2 x 55kW/500V	NE

Modrou barvou jsou označené centrální pásy a tmavě zelenou úsekové. V druhém sloupci je označen typ pohonu s danou šířkou pásu. Ve třetím sloupci je uveden údaj o délce jednotlivých linek. Výkony a počet motorů jednotlivých linek je uveden ve čtvrtém sloupci a v posledním sloupci je uveden způsob rozjezdu linky.

Celková délka pásových linek na 10. patře činí 8050m. Z této hodnoty připadá 5730m pro centrální odtěžení a 2320m pro úsekové. Dopravníky typu BELT jsou v zastoupení třinácti centrálních linek v celkové délce 3410m.

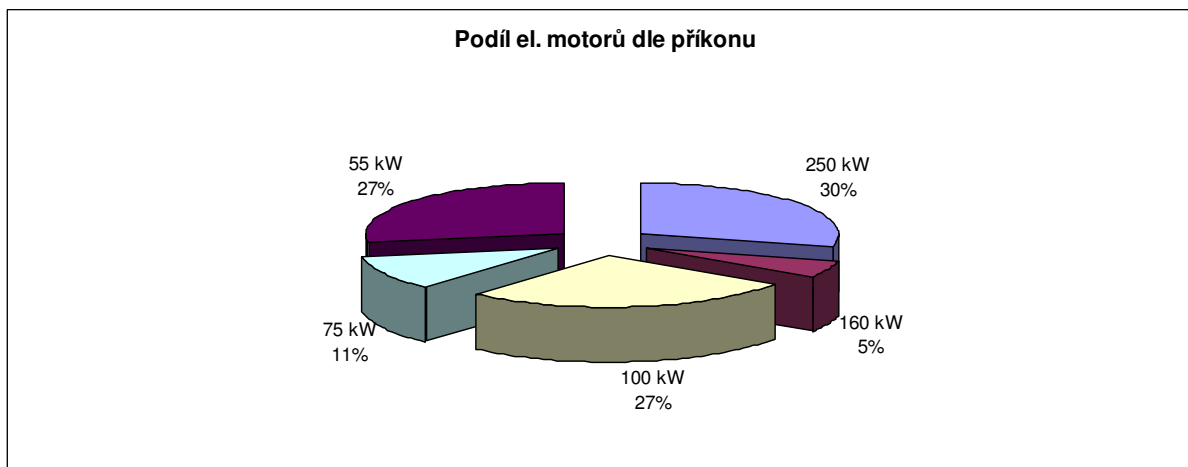


Obr. 19 Jednotlivé druhy dopravníků

Na celém odtěžení je použito celkem 73 asynchronních motorů s kotvou nakrátko o celkovém příkonu 9590 kW.

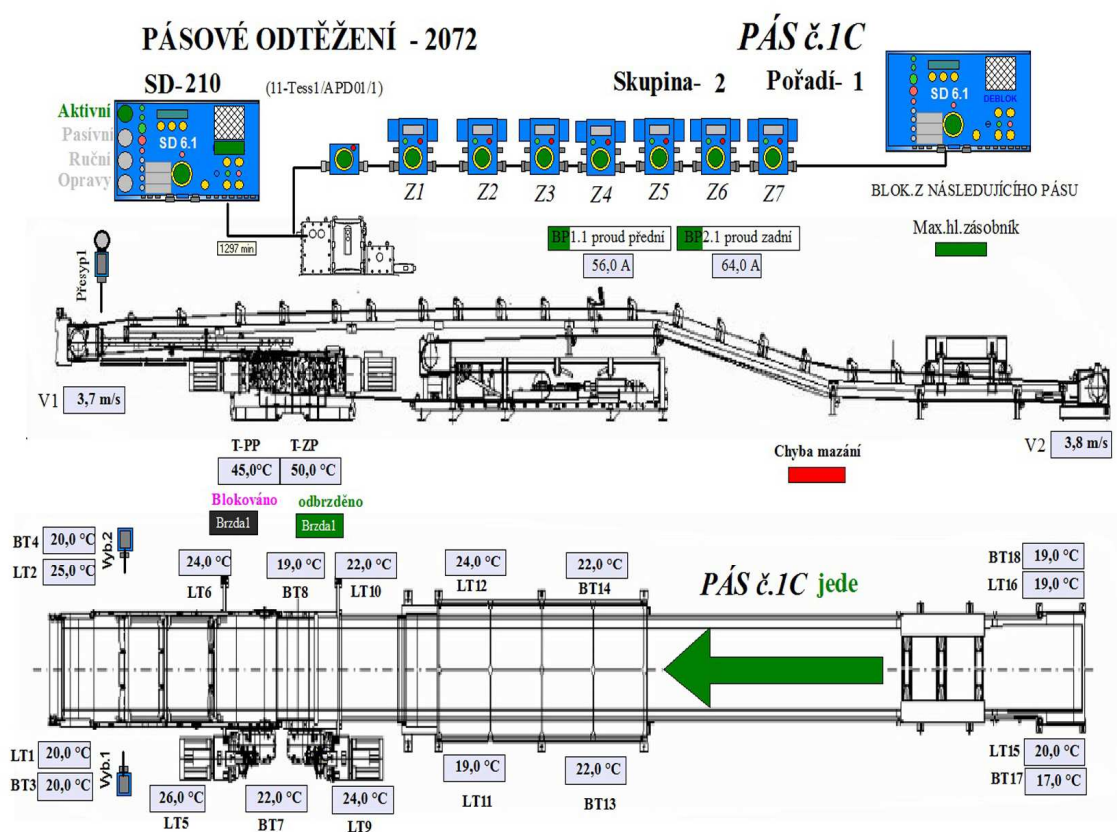
Tab. 2 Rozdělení pásových linek

	Počet pásů	celkové metry	počet motorů	celkem kW
centrálních	19	5730	37	7090
úsekových	18	2320	36	2500
celkem	37	8050	73	9590



Obr. 20 Zastoupení jednotlivých el. motorů v odtěžení

Pro ukázkou je na obr. 21 zobrazen centrální pásový dopravník č. 1C v chodu se všemi bezpečnostními prvky a snímači jednotlivých čidel.

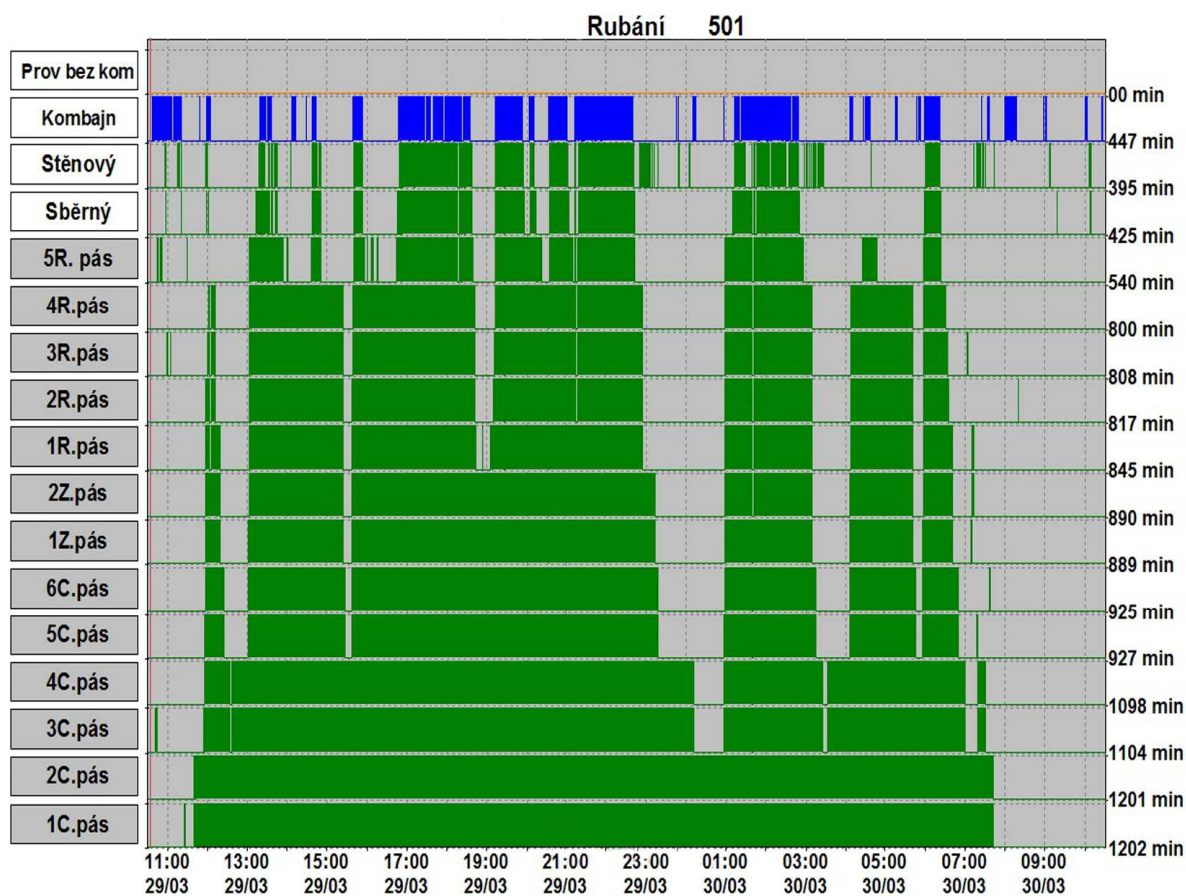


Obr. 21 Pás č. 1C během jízdy

5.2. Provoz na pásové linkách

Při řešení ekonomického zhodnocení při chodu pásové linky jsem postupoval několika způsoby. Vycházel jsem z hodnot, které byly zaznamenávány v průběhu jednoho týdne v období od 29.3. 2017 do 5.4. 2017. Hodnoty jsem získával z programu pro sledování pásové linky SGS. V tomto programu nebyly zavedeny údaje o úsekových linkách ražby č. 1 a jeho 5. pásu a 1-4 pás ražby č. 2. Časy chodu jednotlivých linek jsem zaznamenával v čase od 12.00 hod. K tomuto času se vztahuje nájezd centrálních linek určených pro těžbu. Tyto linky by měly být v provozu do 07.30 hod. následujícího dne, kdy dochází k vypnutí centrálních linek. Tohle časové období označuji pojmem *Těžební den*. V době od 07.30 h do 12 h je ve většině případů na všech pracovištích prováděna údržba a příprava na další těžební proces. V tomto časovém rozmezí jsou pásové linky spouštěny povětšinou jen z důvodu provádění nezbytných prací.

Na obrázku č. 22 je záznam chodu dopravníkových linek k porubu 501 v jednom těžebním dnu s vymezeným časem chodu jednotlivých linek až po dobývací kombajn. Při výpočtech jsem počítal i některé linky, které byly spuštěny v době vymezené na údržbu a to od 07.30h do 12.00h.



Obr. 22 Chod pásové linky pro porub 501

Z tohoto grafu lze vyčíst chod jednotlivých pásů za období tří směn. Modré pole znázorňují chod dobývacího kombajnu. Zelené pole je chod dopravníkového pásu a hřeblového dopravníku. Při vypnutí dobývacího kombajnu a nesenutí tlačítka pro ukončení těžby vypne linka po 20 minutách automaticky. Linka vypne jen po určitý předem nadefinovaný úsek, ale nesmí vyřadit z provozu jiné pracoviště. Na obr. č. 18 je u každého provozu uvedeno číslo pásu po který linka automaticky vypíná. Toto automatické vypnutí lze rozpoznat např. v časech 23.00h a třeba 03.00h.

Na tomto konkrétním příkladu je vidět, že nejdelší časový úsek zabírá 1 a 2C pás. Tyto pásy sváží veškerou rubaninu z 10. patra do zásobníku. Dále 3C a 4C pás. Na 4C pás je navíc napojené odtěžení z ražby 1 a 2. a 4R pás je napojeno odtěžení z ražby 3 a proto nelze centrální pásové linky vypnout při nečinnosti dobývacího kombajnu v celé délce. Vypínání i zapínání jednotlivých linek může v systému řízení APD provádět dispečer z povrchového pracoviště. V systému MJM se o zapínání i vypínání musí postarat obsluha jednotlivých linek.

5.3. Časové zhodnocení pásových linek

V tabulce č. 3 a č. 4 jsou vepsané časy jednotlivých pásů za období od 29.3. 2017 do 4.4. 2017. Časy jsou uvedeny v minutách za jeden těžební den.

Tab. 3 Časy provozu centrálních pásů

Datum	29.bře	30.bře	31.bře	1.dub	2.dub	3.dub	4.dub
Časy (min)							
1C	1202	1258	1163	1159	1193	1231	1176
2C	1201	1255	1154	1157	1189	1255	1173
3C	1104	1190	1112	1033	938	1024	1106
4C	1098	1167	1103	1032	936	1024	1103
5C	927	1082	883	803	856	731	737
6C	925	1076	880	801	850	729	736
1Z	889	1026	831	757	802	677	679
2Z	890	1024	832	757	803	676	679
1E	1140	1197	1116	1114	1188	1227	1128
2E	1140	1197	1113	1112	1188	1217	1105
3E	1138	1142	1110	1110	1189	1217	1103
4E	1128	1134	1115	1016	1186	1215	1101
5E	1128	1129	1119	1013	1191	1220	1109
6E	1125	1124	1112	1010	1185	1213	1103
7E	1075	1097	1071	973	1173	1157	1042
8E	789	828	750	696	902	901	711
1V	145	442	431	530	852	497	679

Tab. 4 Časy provozu úsekových pásů

Datum	29.bře	30.bře	31.bře	1.dub	2.dub	3.dub	4.dub
Časy (min)							
2V	110	406	423	502	831	466	650
3V	109	396	422	499	821	465	649
4V	102	385	417	492	804	455	599
1R	845	962	813	749	798	672	675
2R	817	901	768	745	757	581	629
3R	808	877	755	738	753	573	609
4R	800	798	684	736	671	570	590
5R	540	515	401	212	413	281	89
1 Ražba3	410	579	451	471	13	435	502
1 Ražba1	793	1023	886	953	295	774	889
2	787	1007	882	950	293	758	851
3	788	1008	877	950	293	763	850
4	783	989	856	947	292	743	827

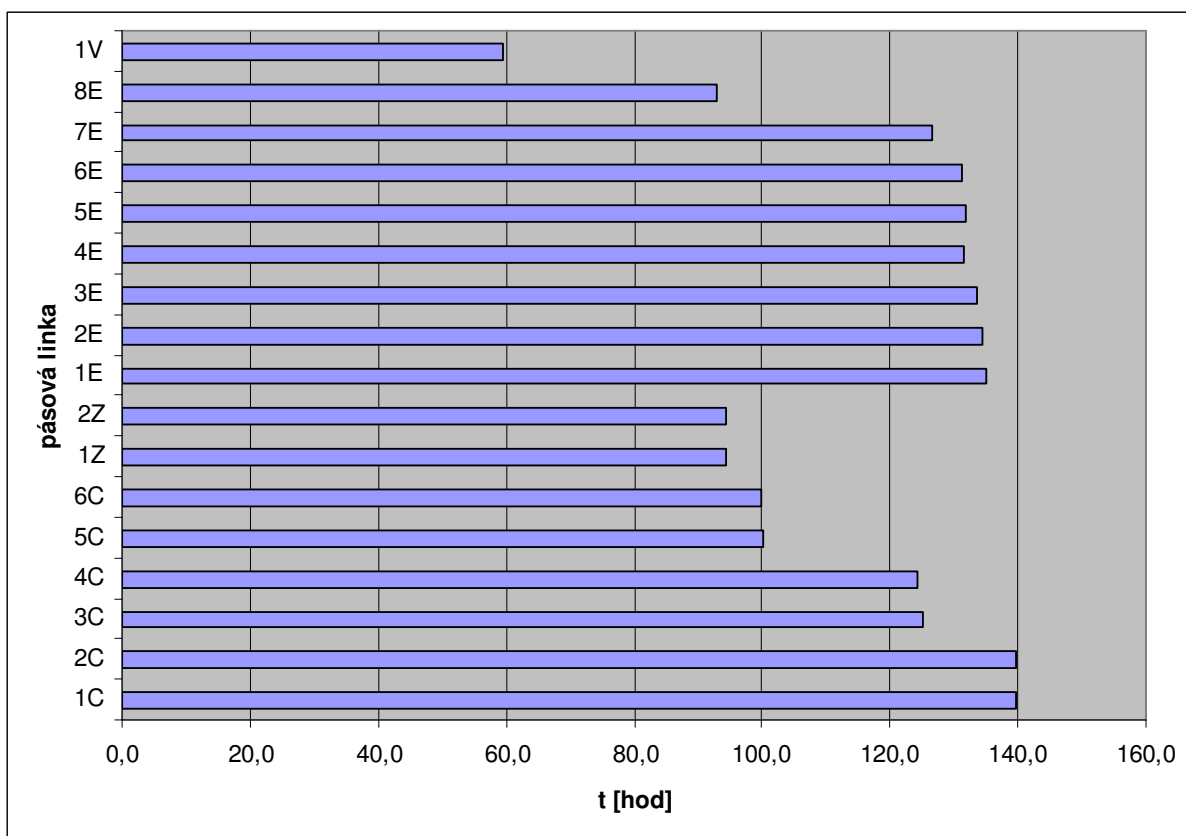
V tabulce č. 5 je uveden součet časů pro jednotlivé linky. V posledním sloupci vidíme vytíženost jednotlivých linek za jeden těžební den. Pásky 1C a 2C, které jsou nejbližší zásobníku jsou v chodu v podstatě nepřetržitě.

Tab. 5 Celkové týdenní časy provozu pásových linek

Linky	Celkem čas 7 dní (min)	Celkem čas 7 dní (hod)	Ø těžební den (hod)
1C	8382	139,7	20,0
2C	8384	139,7	20,0
3C	7507	125,1	17,9
4C	7463	124,4	17,8
5C	6019	100,3	14,3
6C	5997	100,0	14,3
1Z	5661	94,4	13,5
2Z	5661	94,4	13,5
1E	8110	135,2	19,3
2E	8072	134,5	19,2
3E	8009	133,5	19,1
4E	7895	131,6	18,8
5E	7909	131,8	18,8
6E	7872	131,2	18,7
7E	7588	126,5	18,1
8E	5577	93,0	13,3
1V	3576	59,6	8,5
2V	3388	56,5	8,1
3V	3361	56,0	8,0
4V	3254	54,2	7,7
1R	5514	91,9	13,1
2R	5198	86,6	12,4

3R	5113	85,2	12,2
4R	4849	80,8	11,5
5R	2451	40,9	5,8
1 Ražba3	2861	47,7	6,8
1 Ražba1	5613	93,6	13,4
2	5528	92,1	13,2
3	5529	92,2	13,2
4	5437	90,6	12,9

Nejvíce vytížené jsou centrální pásové linky, které jsou v provozu průměrně 16,8 hod z celkových 20 hodin, které odpovídají jednomu těžebnímu dni. Úsekové pásové linky jsou v provozu průměrně 11,5 hodin za těžební den.



Obr. 23 Graf vytíženosti centrálních pásových linek za jeden týden

6. Ekonomická bilance pohonů

Měřitelným výsledkem nepotřebného provozu pásového odtěžení je spotřebovaná elektrická energie, kterou musíme zaplatit.

6.1. Určení výkonů jednotlivých motorů

Pro potřeby výpočtů nákladů v této diplomové práci byl aktuální výkon jednotlivých motorů v chodu určen na základě měření proudů jednotlivých druhů motorů při provozu. Poté byl proveden průměr odběrů proudů a dopočítání výkonu, který byl ustanoven na každý jednotlivý motor. Z této hodnoty výkonu udané v procentuálním vyjádření jsem vycházel při výpočtu nákladů jednotlivých pásových linek.

Ve výpočtu jsem stanovil předpokládaný součinitel náročnosti β na hodnotu v rozmezí 0,4 až 0,6 dle konkrétní vytíženosti. Vycházel jsem z předpokladu ustáleného chodu pásových linek, ve kterém je zohledněno rozjíždění pásových linek a chod pod zatížením, který může být v každý časový úsek rozdílný.

Tab. 6 Jmenovité výkony a napětové hladiny

Pásy	Pi (kW)	U (V)	Pásy	Pi (kW)	U (V)
1C	500	1000	2V	200	1000
2C	250	1000	3V	150	500
3C	320	1000	4V	150	500
4C	320	1000	1R	150	500
5C	500	1000	2R	200	500
6C	500	1000	3R	150	500
7C	200	1000	4R	200	500
8C	200	1000	5R	200	500
1Z	200	1000	1 Ražba3	110	500
2Z	500	1000	1 Ražba1	110	500
1E	200	1000	2	110	500
2E	500	1000	3	110	500
3E	500	1000	4	110	500
4E	200	500	5	110	500
5E	500	1000	1 (Ražba2)	110	500
6E	200	500	2	110	500
7E	500	1000	3	110	500
8E	500	1000	4	110	500
1V	500	1000			

V tabulce č. 7 jsou uvedeny v prvním sloupci jednotlivé instalované výkony P_i motorů. Níže uvedený vzorec pro výpočet proudů z výkonu je zjednodušený z důvodu velkého počtu motorů rozdílného zatížení a typů. V součiniteli β jsou zahrnuty nejen výše uvedené podmínky, ale i účinník a účinnost jednotlivých motorů. Vypočtený proud I odpovídá průměru odběrů proudů jednotlivých motorů za dané sledované období. Výpočtové zatížení je výkon v kW, který nám udává skutečnou spotřebu jednotlivých motorů a v podstatě celé linky.

Tab. 7 Určení výpočtového zatížení P_p

P_i (kW)	β	I (A)	P_p (kW)	P_p (%)
250	0,45	65	112,5	45
160	0,55	51	88,8	55
100	0,6	35	60	60
100	0,4	46	39,8	40
75	0,4	35	30	40
55	0,5	32	27,5	50

Výpočet proudu

$$I = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot U_s} \cdot \beta \text{ [A]} \quad (3)$$

Určení výpočtového zatížení

$$P_p = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I \text{ [W]} \quad (4)$$

6.2. Ekonomická nákladnost jednotlivých motorů

Jestliže potřebujeme vypočíst náklady na provoz jednotlivých pásových linek potřebujeme znát zatížení jednotlivých motorů, délku po kterou jsou motory v provozu a v neposlední řadě cenu za odebranou kWh respektive MWh. V době vypracování této diplomové práce je cena odebrané MWh stanovena na 1900,- Kč. V tabulce č. 8 jsou uvedeny náklady na elektrickou energii provozu motorů podle instalovaných výkonů za jednotky času.

Výpočet spotřebované energie

$$W = P \cdot t \text{ [kWh]} \quad (5)$$

Výpočet spotřebované energie v Kč

$$W_{ce} = P \cdot t \cdot C_e \text{ [Kč]} \quad (6)$$

Označení 1 těžebního dne se rovná 20 hod. Označení jednoho týdne se rovná 7 těžebních dnů tj. 140 hod. a jeden měsíc je 30 těžebních dnů tj. 600 hod. V tabulkách bude pro přehlednost udáváný instalovaný výkon motorů, nýbrž výpočet se bude vztahovat k výpočtovému zatížení dle tab. č.7.

Tab. 8 Náklady na elektrickou energii za jednotku času

P _i (kW)	1 hod. (kč)	těžební den (kč)	týden (kč)	měsíc (kč)
250	213,75	4275	29925	128250
160	168,72	3374,4	23620,8	101232
100	114	2280	15960	68400
100	75,62	1512,4	10586,8	45372
75	57	1140	7980	34200
55	52,25	1045	7315	31350

Z hodnot výše uvedené tabulky lze předpokládat, že náklady na provoz pásových linek při tak velkém počtu pohonů, kterým důl disponuje nebudou zanedbatelné.

7. Ekonomické zhodnocení provozu

V této části bude provedena analýza chodu pásových linek v nepřetržitém provozu, dále dle stávajícího modelu řízení aplikovaným v dole, a naposledy teoretickým časově řízeným postupným vypínáním jednotlivých pásů.

7.1. Odtěžení v nepřetržitém provozu

Zde uvedu příklad nevhodného řešení provozu pásových linek, kdy všechny linky jsou spuštěny, aniž by respektovaly skutečnou potřebu dopravy dobývané horniny. Náklady budou počítány pro centrální a úsekové linky zvlášť. Počátek pásové linky je stanoven od prvního centrálního pásu 1C.

Tab. 9 Náklady centrálních pásů v nepřetržitém provozu v Kč

Pásky	Pi (kW)	1 hod. (kč)	těžební den (kč)	týden (kč)	měsíc (kč)
1C	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
2C	250	213,75	4 275,00	29 925,00	128 250,00
3C	320	337,44	6 748,80	47 241,60	202 464,00
4C	320	337,44	6 748,80	47 241,60	202 464,00
5C	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
6C	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
1Z	200	151,24	3 024,80	21 173,60	90 744,00
2Z	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
1E	200	228,00	4 560,00	31 920,00	136 800,00
2E	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
3E	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
4E	200	151,24	3 024,80	21 173,60	90 744,00
5E	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
6E	200	151,24	3 024,80	21 173,60	90 744,00
7E	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
8E	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
1V	500	427,50	8 550,00	59 850,00	256 500,00
celkem (kč)		5 845,35	116 907,00	818 349,00	3 507 210,00

Tab. 10 Náklady úsekových pásů v nepřetržitém provozu v Kč

Pásy	Pi (kW)	1 hod. (kč)	těžební den (kč)	týden (kč)	měsíc (kč)
2V	200	228,00	4 560,00	31 920,00	136 800,00
3V	150	114,00	2 280,00	15 960,00	68 400,00
4V	150	114,00	2 280,00	15 960,00	68 400,00
1R	150	114,00	2 280,00	15 960,00	68 400,00
2R	200	151,24	3 024,80	21 173,60	90 744,00
3R	150	114,00	2 280,00	15 960,00	68 400,00
4R	200	151,24	3 024,80	21 173,60	90 744,00
5R	200	151,24	3 024,80	21 173,60	90 744,00
1 Ražba3	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
1 Ražba1	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
2	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
3	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
4	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
5	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
1 (Ražba2)	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
2	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
3	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
4	110	104,50	2 090,00	14 630,00	62 700,00
celkem (kč)		2 182,72	43 654,40	305 580,80	1 309 632,00

Cena provozu všech pásových linek současně za jeden měsíc v nepřetržitém provozu činí **4,863 mil. Kč**. Cenový rozdíl mezi centrálními a úsekovými linkami je **2,197 mil. Kč**.

7.2. Stávající model řízení používaný v dole Darkov

V době kdy ziskovost tak energeticky náročného provozu jakým je hlubinný důl ovlivňují chody jednotlivých strojů, musíme při provozu těchto strojů přemýšlet nad jejím řízením. Do procesu řízení dopravníkových pásů jsou zapojeny pracovní struktury v širokém spektru profesí, které si musejí navzájem předávat informace o potřebě provozu pásových dopravníků. V případě v těžbě dopravníky vypínají po 20 minutách nepřetržitého chodu automaticky. Chod pásu lze z jednotlivých koncových pracovišť vypnout také vypínačem. Tento vypínač vypne linku po předem nadefinovaný úsek. Vypnutí nesmí ovlivnit chod jiných provozů.

Na základě časového zhodnocení chodu pásových linek v době od 29.3. do 4.4. 2017 určíme náklady na provoz v tomto časovém období tj. jeden týden s počtem 140 hod. Tento vzorek použijí na výpočet průměrné doby provozu za jeden měsíc s počtem 600 hod.

Tab. 11 Náklady centrálních pásů v řízeném provozu

Pásky	Pi (kW)	Ø 1. hod. (Kč)	Ø těžební den (Kč)	týden (Kč)	Ø měsíc (Kč)
1C	500	426,58	8 531,68	59 721,75	255 950,36
2C	250	213,34	4 266,86	29 868,00	128 005,71
3C	320	301,57	6 031,34	42 219,37	180 940,15
4C	320	299,80	5 995,99	41 971,91	179 879,62
5C	500	306,32	6 126,48	42 885,38	183 794,46
6C	500	305,20	6 104,09	42 728,63	183 122,68
1Z	200	101,92	2 038,50	14 269,49	61 154,97
2Z	500	288,10	5 762,09	40 334,63	172 862,68
1E	200	220,13	4 402,57	30 818,00	132 077,14
2E	500	410,81	8 216,14	57 513,00	246 484,29
3E	500	407,60	8 152,02	57 064,13	244 560,54
4E	200	142,15	2 842,95	19 900,66	85 288,56
5E	500	402,51	8 050,23	56 351,63	241 506,96
6E	200	141,73	2 834,67	19 842,69	85 040,09
7E	500	386,18	7 723,50	54 064,50	231 705,00
8E	500	283,83	5 676,59	39 736,13	170 297,68
1V	500	181,99	3 639,86	25 479,00	109 195,71
celkem (Kč)		4 819,78	96 395,55	674 768,88	2 891 866,61

Tab. 12 Náklady úsekových pásů v řízeném provozu

Pásky	Pi (kW)	Ø 1. hod. (Kč)	Ø těžební den (Kč)	týden (Kč)	Ø měsíc (Kč)
2V	200	91,96	1 839,20	12 874,40	55 176,00
3V	150	45,61	912,27	6 385,90	27 368,14
4V	150	44,16	883,23	6 182,60	26 496,86
1R	150	74,83	1 496,66	10 476,60	44 899,71
2R	200	93,59	1 871,78	13 102,43	56 153,25
3R	150	69,39	1 387,81	9 714,70	41 634,43
4R	200	87,31	1 746,10	12 222,71	52 383,05
5R	200	44,13	882,59	6 178,15	26 477,80
1 Ražba3	110	35,59	711,84	4 982,91	21 355,32
1 Ražba1	110	69,83	1 396,57	9 775,98	41 897,04
2	110	68,77	1 375,42	9 627,93	41 262,57
3	110	68,78	1 375,67	9 629,68	41 270,04
4	110	67,64	1 352,78	9 469,44	40 583,32
5	110	37,32	746,43	5 225,00	22 392,86
1 (Ražba2)	110	66,43	1 328,64	9 300,50	39 859,29
2	110	65,91	1 318,19	9 227,35	39 545,79
3	110	64,94	1 298,79	9 091,50	38 963,57
4	110	35,83	716,57	5 016,00	21 497,14
celkem (Kč)		1 132,03	22 640,54	158 483,78	679 216,18

Provoz v řízeném provozu pásových linek na 10. patře stál za měsíc **3,571 mil. Kč**. Rozdíl mezi centrálními a úsekovými linkami je **2,2 mil. Kč**.

7.3. Postupné vypínání jednotlivých pásů

Poslední způsob řízení pásových linek spočívá ve způsobu automatického postupného vypínání pásových linek ve směru odtěžení. Aktuální provedení vypnutí je realizováno pomocí odstavení linky po 20 minutách nečinnosti dobývacího kombajnu nebo porubových dopravníků. Jedná se tedy o řízení dopravníkových pásů jako v druhém případě, ale způsob vypínání má za úkol zjistit jaké finanční náklady ušetříme nedodržením oněch 20 minut chodu pásu, ale nastavením času kratšího.

Vypínání probíhá ve vypočtené době dle počtu pásových dopravníků, kdy odstavením posledního pásu začne u následujícího směrem k zásobníku odečet času k vypnutí. Součet doby vypnutí celé linky v daném úseku nepřekročí přibližně oněch 20 minut z provozu pásových linek v dole Darkov z bodu 7.2. V případě opětovného zapnutí linky se zruší odečet času u aktuálního dopravníku, který je v provozu, a rozjede se dopravník následující směrem k porubu nebo ražbě.

Finanční úspora v tomto řízení představuje zkrácení doby provozu pásových linek.

Při časových výpočtech byly v týdenním intervalu vybrány jednotlivé doby chodu dopravníkových pásů z porubů 501 a 907, které byly vypínány automatikou vypnutí po 20 minutách. Tyto dva poruby jsem vybral záměrně, jelikož chod pásových linek z porubů je pro hlubinný důl stěžejní. Dále je v těchto porubech použit systém řízení APD což je podmínkou řízení. V porubu 501 je tímto řízením dotčeno 6 pásů, z toho 4 úsekové a 2 centrální. V porubu 907 využíváme 3 úsekové a 1 centrální pás. Porub 501 má nastavenou automatiku od úsekového pásu 5R až k centrálnímu pásu 1Z. Z důvodu výskytu ražby č.3, která využívá pro těžbu pás č.4R byla tato ražba taktéž ve výpočtu zohledněna a automatiku budu počítat od 4R pásu.

Porub 501

V prvním případě jsou spočítány náklady na dobu provozu pásové linky, která je v chodu po dobu 20 minut než dojde k jejímu vypnutí. Během sledovaného období jednoho týdne došlo celkem k 52 vypnutím. Celkový čas provozu všech dotčených pásů je 6240 min a náklady na provoz jsou **19034,2 Kč**.

Tab. 13 Systém řízení s 20 minutovým vypnutím v porubu 501

Porub 501	Počet vypnutí	Doba chodu (min)	Náklady (kč)
29.bře	6	720	2 196,3
30.bře	6	720	2 196,3
31.bře	9	1080	3 294,4
1.dub	6	720	2 196,3
2.dub	7	840	2 562,3
3.dub	8	960	2 928,3
4.dub	10	1200	3 660,4
celkem za týden	52	6240	19 034,2

Tab. 14 Náklady na provoz dopravníků v porubu 501

	Ø 1 hod.	Ø den	týden	Øměsíc
celkem (kč)	136,0	2 719,2	19 034,2	81 575,2

V tabulce č. 14 jsou sečteny náklady na provoz pásových dopravníků během doby 20 minut než dojde k vypnutí linky 4R- 1Z. Tyto náklady se vztahují k celkovému počtu 52 vypnutí během jednoho týdne.

V druhém případě nastavíme vypnutí pásu, který se nachází nejbližší pracoviště po době 4 minut. Po uplynutí této doby vypne pás 4R. Následně začne odečet dalších 4 minut pro pás 3R atd. Tímto způsobem se dostaneme až k vypnutí pásu 1Z po uplynutí doby 24 minut. V tabulce č. 15 jsou pro porovnávání s tabulkou č. 13 vypsány hodnoty pro postupné vypínání.

Tab. 15 Systém řízení s postupným vypínáním v porubu 501

Porub 501	Počet vypnutí	Doba chodu (min)	Náklady (kč)
29.bře	6	504	1 652,7
30.bře	6	504	1 652,7
31.bře	9	756	2 479,1
1.dub	6	504	1 652,7
2.dub	7	588	1 928,2
3.dub	8	672	2 203,6
4.dub	10	840	2 754,5
celkem za týden	52	4368	14 323,5

Tab. 16 Náklady na provoz dopravníků v porubu 501

	Ø 1 hod.	Ø den	týden	Øměsíc
celkem (kč)	102,3	2 046,2	14 323,5	61 386,6

Porub 907

Tab. 17 Systém řízení s 20 minutovým vypnutím v porubu 907

Porub 907	Počet vypnutí	Doba chodu (min)	Náklady (kč)
42823	3	240	874,7
42824	10	800	2 915,6
42825	6	480	1 749,3
42826	10	800	2 915,6
42827	10	800	2 915,6
42828	6	480	1 749,3
42829	6	480	1 749,3
celkem za týden	51	4080	14 869,3

Tab. 18 Náklady na provoz dopravníků v porubu 907

	Ø 1 hod.	Ø den	týden	Øměsíc
celkem (kč)	106,2	2 124,2	14 869,3	63 725,6

V porubu 907 je nastaven čas vypnutí jednotlivých pásových dopravníků na 5 minut. Celkový čas vypnutí linky 4V – 1V je tedy 20 minut.

Tab. 19 Systém řízení s postupným vypínáním v porubu 907

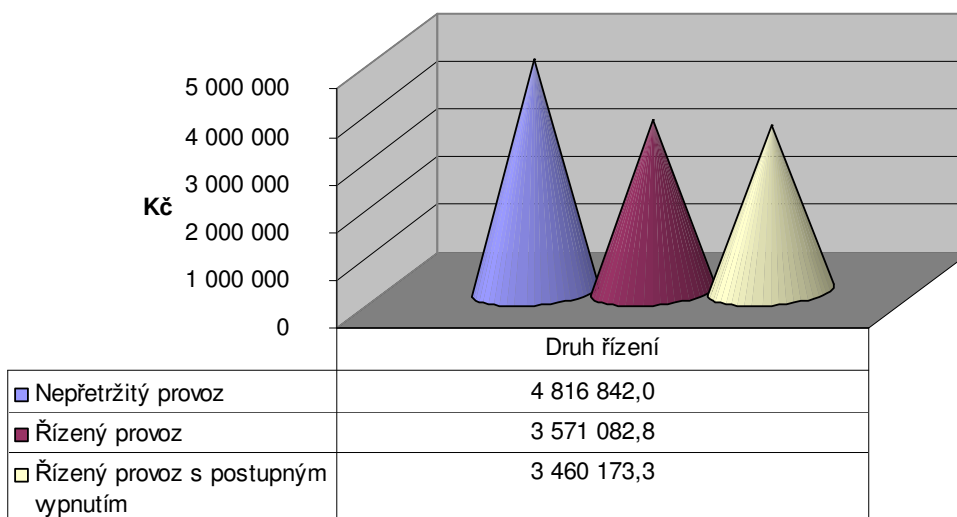
Porub 907	Počet vypnutí	Doba chodu (min)	Náklady (kč)
42823	3	150	679,7
42824	10	500	2 265,8
42825	6	300	1 359,5
42826	10	500	2 265,8
42827	10	500	2 265,8
42828	6	300	1 359,5
42829	6	300	1 359,5
celkem za týden	51	2550	11 555,3

Tab. 20 Náklady na provoz dopravníků v porubu 907

	Ø 1 hod.	Ø den	týden	Øměsíc
celkem (kč)	82,5	1 650,8	11 555,3	49 522,8

7.4. Zhodnocení

Dle předpokladu největší ekonomická zátěž spočívá v nepřetržitém provozu pásových linek. Řízení provozované v dole Darkov ušetří za spotřebovanou elektrickou energii **1,292 mil Kč** během jednoho měsíce oproti nepřetržitému provozu. Řízení pomocí postupným vypínáním pásových dopravníků ušetří měsíčně v porubech 501 a 907 částku **110,9 tis Kč** oproti nynějšímu řízení provozované v dole Darkov. Částka se nezdá příliš velká, ale nesmíme zapomenout, že tyto výpočty se vztahují pouze na dva provozy o celkovém počtu 10 dopravníkových pásů z celkových 37 na 10 patře.



Obr. 24 Náklady na provoz pásových linek za měsíc v Kč

8. Závěr

V hlubinném dole je spotřeba elektrické energie důležitým údajem při výpočtu nákladu na provoz, a tudíž se odráží v celé ekonomice hospodaření firmy. Přirozenou snahou každého firemního managementu je minimalizovat náklady a maximalizovat zisky. V této práci je pozornost soustředěna na provoz dopravníkových pásů, kterých může být v dole i desítky kilometrů délky a tvoří hustou síť sloužící k dopravě dobývané horniny na povrch. Motory pohánějící tyto dopravníkové pásy mohou být různých velikostí a proto s růstem počtu motorů stoupají i náklady na provoz.

Obsluha těchto dopravníkových pásů, ať už centrálních nebo úsekových, není snadná a zaměstná spoustu pracovníků z různých profesí na různém stupni řízení. Na bezporuchovém provozu pásových linek totiž stojí množství vytěžené horniny a s tím i ziskovost firmy. Nesporným faktorem při určování nákladností provozu pásových dopravníků je určitě opotřebení jednotlivých součástí s následnou poruchovostí a výměnou vadných částí. Tyto úkony mají za následky odstavení pásových linek a zaměstnání většího počtu osob k odstranění závady.

Osobně jsem se zaměřil na náklady, které souvisí pouze s odebranou elektrickou energií, při provozu těchto dopravníkových pásů. Určení přesné spotřeby provozu je velice obtížné, jelikož každý dopravníkový pás je jiný. Bylo potřeba zohlednit délky pásů, úklon pásů, výkony motorů, zatížení i chod pásů. Zatížení je z velké části dáno množstvím dopravované horniny, která není konstantní, ale je přizpůsobeno chodu a druhem práce v jednotlivých provozech. Na základě těchto aspektů, jsem zjednodušil některé výpočty, aby spotřeba v průměru odpovídala co nejblíže skutečnosti chodu dopravníkových pásů. Díky tomuto nejsou uvedené ceny přesnou kopií skutečné odebrané energie, ale dokáží vytvořit docela věrohodný obraz spotřeby při provozu.

Záměrně jsem si vybral pro svou práci 10. patro dolu Darkov společnosti OKD a.s. jelikož se na tomto patře nachází největší počet dopravníkových pásů. Stav je daný k období od 1.3 do 5.4 2017. některé centrální i úsekové linky jsem nicméně do výpočtu nezahrnul, protože byly povětšinou ve fázi vybavování nebo rušení.

Pro tuto práci jsem vytvořil tři druhy řízení provozu pásových linek. První případ je nevhodné řešení nepřetržitého provozu. V tomto režimu dosáhla cena za spotřebovanou energii všech pásových linek částky 4,82 mil. Kč za jeden měsíc. Jedinou potencionální výhodou je zjednodušení řízení celého systému. V druhém případě jsem se věnoval současnému způsobu řízení používaném v dole Darkov a to řízeném provozu. Zde byla úspora za stejné období oproti předešlému provozu v částce 1,29 mil. Kč. Třetí případ je teoretický návrh na provoz dopravníkových pásů s řízeným provozem. Automatické vypínání dotčených dopravníků není řešeno jako v předešlém případě, kdy dochází

k odstavení linky po 20 minutách nečinnosti, ale postupným vypínáním v předem nadefinovaném časovém sledu. Do výpočtu jsem použil provoz s automatickým řízením APD, a navíc pouze poruby. Výpočty zahrnovalo celkem 10 pásových linek. Nicméně i za použití tak malého počtu pásových linek činila úspora 110,9 tis. Kč za jeden měsíc oproti předešlému řízenému provozu. Co se týče aplikace tohoto systému také na centrální pásy, tak by byla potřeba zohlednit návaznosti jednotlivých provozů a dobu jejich dobývacích procesů.

Tento návrh může sloužit jako podnět k oslovení širšího počtu pracovníků ke zhodnocení ziskovosti. Tématem práce nebylo posouzení komplexní nákladovosti návrhu, pouze úspora při provozu těchto dopravníkových pásů.

Měl jsem díky této práci možnost nahlédnout do fungování odtěžovacího procesu a pochopit problematiku provozu pásových linek. Práce pro mě byla přínosná z hlediska možnosti uplatnění v praxi.

9. Seznam použité literatury

- [1] Ing. Bernard Lukáš: Ochrany vedení v sítích IT, časopis ELEKTRO 3/2008
- [2] [http:// projekt150.ha-vel.cz/node/55](http://projekt150.ha-vel.cz/node/55) [3.4. 2017]
- [3] <http://zeppelin.cz> [2.3. 2017]
- [4] Ing. Jaromír Menšík: Automatizační systém MJM pro důlní dopravníky, 1977 Interní literatura spol. OKD a.s.
- [5] <http://www.hansen-electric.cz/ridici-a-monitorovaci-systemy>[15.3. 2017]
- [6] Dohnálek P.: Ochrany pro průmysl a energetiku, SNTL Praha 1991
- [7] Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB TU 1990
- [8] Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí
- [9] Kolektiv autorů: Uhlé hornictví v Ostravsko – Karvinském revíru, Nakladatelství ANAGRAM s.r.o, ISBN 80-7342-016-3, 2003

10. Seznam obrázků

Obr. 1 Zajištěné provedení	12
Obr. 2 Pevný závěr	12
Obr. 3 Jiskrově bezpečné zařízení	13
Obr. 4 Pásový vlek	17
Obr. 5 Doprava osob na pásovém dopravníku	18
Obr. 6 Poháněcí stanice pásového dopravníku	19
Obr. 7 Mobilní typ konstrukce používané v OKD a.s.	20
Obr. 8 Typy základních napínacích stanic	21
Obr. 9 Dopravní linka typu BELT s krytem	22
Obr. 10 Dopravní linka BELT bez krytu	23
Obr. 11 Umístění dopravníkového pásu v prostředí dolu	23
Obr. 12 Blokovací prvek	26
Obr. 13 Zapojení řídicího prvku	26
Obr. 14 Stanice dopravníku SD1 P2	28
Obr. 15 Hovorový zesilovač OPZ1 P5	28
Obr. 16 Blokovací klíč OKB1 P2	28
Obr. 17 Sledování odtěžení dle výšky horniny v zásobníku	29
Obr. 18 Odtěžení 10. patra v dole Darkov	31
Obr. 19 Jednotlivé druhy dopravníků	33
Obr. 20 Zastoupení jednotlivých el. motorů v odtěžení	34
Obr. 21 Pás č. 1C během jízdy	34
Obr. 22 Chod pásové linky pro porub 501	35
Obr. 23 Graf vytíženosti centrálních pásových linek za jeden týden	38
Obr. 24 Náklady na provoz pásových linek za měsíc v Kč	48

11. Seznam tabulek

Tab. 1 Soupis pásových linek na 10. patře	32
Tab. 2 Rozdělení pásových linek	33
Tab. 3 Časy provozu centrálních pásů	36
Tab. 4 Časy provozu úsekových pásů	37
Tab. 5 Celkové týdenní časy provozu pásových linek	37
Tab. 6 Jmenovité výkony a napěťové hladiny	39
Tab. 7 Určení výpočtového zatížení P_p	40
Tab. 8 Náklady na elektrickou energii za jednotku času	41
Tab. 9 Náklady centrálních pásů v nepřetržitém provozu v Kč	42
Tab. 10 Náklady úsekových pásů v nepřetržitém provozu v Kč	43
Tab. 11 Náklady centrálních pásů v řízeném provozu	44
Tab. 12 Náklady úsekových pásů v řízeném provozu	44
Tab. 13 Systém řízení s 20 minutovým vypnutím v porubu 501	46
Tab. 14 Náklady na provoz dopravníků v porubu 501	46
Tab. 15 Systém řízení s postupným vypínáním v porubu 501	46
Tab. 16 Náklady na provoz dopravníků v porubu 501	46
Tab. 17 Systém řízení s 20 minutovým vypnutím v porubu 907	47
Tab. 18 Náklady na provoz dopravníků v porubu 907	47
Tab. 19 Systém řízení s postupným vypínáním v porubu 907	47
Tab. 20 Náklady na provoz dopravníků v porubu 907	47